Incidencia y severidad de las sigatokas negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach *et* Mulder) del plátano según los estados fenológicos

Incidence and severity of black (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) and yellow (*Mycosphaerella musicola* Leach *et* Mulder) sigatokas of plantain according to the phenological stages

Mayary Torrado-Jaime[1] y Jairo Castaño-Zapata[2]

RESUMEN

En Colombia las sigatokas negra y amarilla, causadas por *Mycosphaerella fijiensis* y *M. musicola*, respectivamente, están entre las principales enfermedades que atacan al plátano. Aunque hay registros de su presencia, se desconoce la época en que aparecen de acuerdo con los estados fenológicos y condiciones ambientales. Esta investigación se realizó en la granja Montelindo (Universidad de Caldas), a 1.050 msnm, temperatura media anual 22,8 °C, precipitación anual 2.200 mm y humedad relativa 76%. Se sembraron cormos de Dominico Hartón, África, FHIA-20 y FHIA-21, en diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y 10 plantas por repetición. Desde siembra hasta cosecha se registraron incidencia, severidad, número de esporas y elementos climáticos. Se definieron cinco estados fenológicos: brotación y emergencia, plántula, prefloración, floración, y llenado del racimo y madurez fisiológica. Las sigatokas se presentaron desde la etapa de plántula hasta madurez fisiológica; fue más agresiva la sigatoka negra en el área de estudio. La mayor población de conidias en D. Hartón y África se presentó en etapas de prefloración y llenado del racimo; en los híbridos FHIA-20 y FHIA-21 coincidió con la etapa de floración. Incrementos graduales de temperatura, precipitación intensa intercalada con periodos secos y aumento en la humedad foliar favorecieron la incidencia y severidad de las sigatokas.

Palabras clave: *Musa spp.*, híbridos, cultivariedades, Caldas, enfermedades.

ABSTRACT

In Colombia, black and yellow sigatokas, caused by *Mycosphaerella fijiensis* and *M. musicola*, respectively, are two of the major diseases that affect plantain cultivation. Although there is information about their presence, their appearance according to plant development and environmental conditions is unknown. This research was conducted at the experimental station of Montelindo (University of Caldas), located at 1,050 m a.s.l., annual mean temperature 22.8 ºC, rainfall 2,200 mm and relative humidity 76%. Rhizomes of Dominico Hartón, Africa, FHIA-20 and FHIA-21 were sown following a random block design with four repetitions and 10 plants per repetition. Disease incidence and severity, fungi spores counting and climatic elements data was recorded from planting through harvesting stages. Five development stages were defined for the crop: emergency, seedling, pre-bloom, bloom, and physiologic maturity. The sigatokas appeared from seedling stage and remained during the entire cultivation cycle, with the black Sigatoka being more aggressive in the study area. The highest conidia population in D. Hartón and Africa was recorded in pre-bloom and filled bunch stages; the hybrids FHIA-20 and FHIA-21 coincided with the bloom stage. Gradual increases of temperature, intense precipitation followed by dry periods and high foliar humidity, favored disease incidence and severity.

Key words: *Musa spp.*, hybrids, cultivars, Caldas, diseases.

Introducción

Los bananos y plátanos son el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz (Arias *et al.*, 2004). En Colombia el cultivo del plátano ha sido un sector tradicional de la economía campesina, de subsistencia para pequeños productores, de alta dispersión geográfica y de gran importancia socioeconómica desde el punto de vista de seguridad alimentaria y de generación de empleo (Martínez *et al.*, 2006). Con un área total de cultivo de aproximadamente 397.378 ha y un nivel de producción de 3'348.334 t en 2004, el país se mantiene como el segundo productor mundial de plátano y como primer exportador. Sin embargo, los problemas sanitarios de las sigatokas amarilla y negra y el moko, más los bajos niveles de inversión en el cultivo, son las principales causas de

Fecha de recepción: 19 de mayo de 2008. Aceptado para publicación: 5 de noviembre de 2008

[1] Programa de Maestría en Fitopatología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales (Colombia). mayary@terra.com
[2] Profesor titular, Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales (Colombia). jairo.castano_z@ucaldas.edu.co

pérdida competitiva, pues han afectado severamente la productividad de los cultivos y la calidad de la producción para exportación (Martínez *et al.,* 2006).

En el país, la sigatoka negra y la sigatoka amarilla se encuentran entre las nueve enfermedades principales que afectan actualmente la producción de plátano (Martínez *et al.,* 2006). La sigatoka negra es causada por el hongo fitopatógeno *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, anamorfo *Paracercospora fijiensis* (Morelet) Deigthon. La sigatoka amarilla es originada por el hongo *Mycosphaerella musicola* Leach ex Mulder, anamorfo *Pseudocercospora musae* (Zimm.) Deighton. El ciclo de vida de estos hongos está influenciado principalmente por las condiciones climáticas, la clase de hospedante, la variabilidad del patógeno, los sistemas de explotación y el manejo de los cultivos. Inicia con la germinación de las esporas, que son liberadas y dispersadas de manchas de hojas infectadas, por acción del agua y el viento, y se depositan sobre hojas libres de la enfermedad (Merchán, 1997). Los peritecios, que se forman debido a la fecundación de las hifas sexuales mediante espermacios compatibles, durante el tiempo cálido, expulsan violentamente sus ascosporas cuando se humedecen. Estas ascosporas son diseminadas por el viento y a ellas se debe el avance de la enfermedad a grandes distancias; mientras que las conidias son los medios más importantes de propagación local de la enfermedad (Agrios, 2001).

Los síntomas de la sigatoka negra corresponden a estrías finas marrón claras, visibles en el envés a partir de la parte apical de las hojas. La estría evoluciona a mancha marrón oscura para finalmente tornarse mancha oscura a negra de forma irregular, presentándose coalescencia entre las lesiones a partir de las fases iniciales o estrías de coloración marrón. En la sigatoka amarilla las estrías son casi rectangulares marrón oscuro, visibles en la haz y el envés de las hojas. La estría evoluciona a mancha marrón oscura de forma elíptica, y finalmente a lesión necrótica de forma elíptica a elíptica alargada, con centro deprimido de coloración grisácea, generalmente con un halo amarillento. Coalescencia entre lesiones puede ocurrir solo en los estados finales o de lesiones necróticas (Gasparotto, 2006).

En el mundo en general, y en Colombia en particular, se conocen las principales enfermedades que atacan el cultivo del plátano, pero no se dispone de información que indique la presencia de estas de acuerdo con los estados de desarrollo de la planta; tampoco se conoce la tasa de desarrollo de estas enfermedades a través del tiempo. Esta investigación tuvo como objetivo determinar la incidencia y severidad de las sigatokas negra y amarilla en los genotipos de plátano Dominico Hartón, África, FHIA-20 y FHIA-21 desde siembra a cosecha, estableciendo curvas y tasas de desarrollo y correlacionándolas con su desarrollo fenológico y las condiciones ambientales. El conocimiento de la época en que las sigatokas aparecen, complementado con curvas de incidencia y severidad, y las condiciones ambientales que favorecen su desarrollo, permitirá diseñar estrategias efectivas de manejo en estos genotipos, antes de que estas enfermedades alcancen niveles de daño económico.

Materiales y métodos

Establecimiento de la plantación

El estudio se realizó en la granja Montelindo, propiedad de la Universidad de Caldas, ubicada en la región Santágueda, municipio de Palestina (Caldas, Colombia), a 5º 05' latitud norte y 75º 40' longitud occidental, a una altitud de 1.050 msnm, con temperatura media de 22,5 ºC, humedad relativa del 76%, precipitación anual de 2.200 mm y brillo solar anual de 2.010 h. El tipo de suelo es Inceptisol de la serie Montelindo (Tropepts Dystropepts). Se empleó como semilla cormos de Dominico Hartón, África, FHIA-20 y FHIA-21, provenientes de las plantaciones existentes dentro de la misma granja. No se realizó tratamiento a la semilla. La distancia de siembra fue de 3 x 2 m entre surcos y plantas, respectivamente. Se realizaron las prácticas agronómicas convencionales de fertilización, manejo de arvenses, descoline (dejando dos colinos por planta), desbellote, resiembras y deshoje fitosanitario, según análisis de suelo y las recomendaciones técnicas establecidas para el cultivo del plátano en la región. La fecha de inicio del experimento fue el 26 de mayo de 2004, día en que se realizó la siembra, y tuvo una duración total de 18 meses.

Diseño experimental

Se establecieron parcelas independientes de los cuatro materiales, con 10 plantas cada una, en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, sembrando una planta por sitio.

Variables fisiológicas

Semanalmente a cada una de las plantas se le tomaron datos de número de hojas e hijos, y el tiempo (días) a emergencia del primer hijo (DEH). En floración se hicieron registros de altura de la planta (AP), diámetro del seudotallo (DS) y días a floración (DF).

Fenología del cultivo

Para enmarcar las sigatokas dentro de la fenología del cultivo se establecieron las etapas de desarrollo para cada uno de los materiales. Para esto se simplificaron las etapas

establecidas por Aristizábal y Jaramillo (2005) para la cultivariedad Dominico Hartón. Se utilizaron los datos recolectados en el presente estudio de días para emisión de hijuelos y días a floración. Los datos se complementaron con los de días a cosecha obtenidos por Herrera y Aristizábal (2003) y los de Aristizábal y Jaramillo (2005) para brotación y emergencia y duración de la floración.

Evaluación de las sigatokas

Incidencia y severidad: semanalmente se llevaron a cabo lecturas de incidencia y severidad de las sigatokas. Para la incidencia se registró el número de plantas con presencia de síntomas en las hojas característicos de las sigatokas. La severidad se observó en la hoja más joven enferma (HMJE) de cada una de las plantas. La lectura de severidad se continuó semanalmente sobre la misma hoja hasta que esta alcanzó una severidad del 100%, momento en el cual se procedía a escoger nuevamente la HMJE y se seguía la lectura sobre esta hoja. Para evaluar la severidad se hizo uso de los diagramas estándares de Stover (1971) y la escala de grados de desarrollo de las sigatokas (Aranzazu *et al.,* 2002).

Reacción de los materiales a las sigatokas: al momento de floración se realizó nuevamente lectura de la HMJE, de la hoja más joven manchada (HMJM) y del número de hojas funcionales a floración (NHFF). La HMJE representa la hoja más joven en manifestar estrías claramente visibles desde el suelo (Orjeda, citado por Gómez y Castaño-Zapata, 2001) y la HMJM corresponde a la primera hoja totalmente abierta que presenta 10 o más lesiones discretas necrosadas y maduras o un área grande necrosada con 10 centros de color claro, contando las hojas de arriba abajo (Stover y Dickson, citados por Gómez y Castaño-Zapata, 2001). Adicionalmente, con los datos recolectados se calculó el tiempo de evolución de los síntomas (TES) y la tasa de desarrollo (r) de las sigatokas. El TES es el número de días desde la aparición de los primeros síntomas hasta el estado de mancha con centro necrosado (grado 5-6) (Molina y Castaño-Zapata, 2003). Para la tasa de desarrollo se tomaron los valores promedio de severidad semanal y se transformaron a proporción; también se usaron los valores correspondientes a las semanas de evaluación y la diferencia de días transcurridos desde la primera evaluación y la última (Castaño-Zapata, 2002). Para tal fin se empleó la siguiente fórmula:

$$r = \frac{1}{t_1 - t_0}\left(Log_e \frac{X_1}{1 - X_1} - Log_e \frac{X_0}{1 - X_0} \right)$$

t_1 = tiempo final de evaluación, t_0 = tiempo inicial de evaluación, X_1 = severidad final y X_0 = severidad inicial.

Conteo de esporas asexuales: para determinar la predominancia de ambas sigatokas se realizó cada 2 meses el método de la impronta desarrollada por Aguirre *et al.* (2003) sobre una lesión en estado 4 o 5 de la HMJM. Para fines de este estudio se tomaron dos improntas en la misma hoja, una por la haz y la otra por el envés, de una planta por repetición. La identificación y el conteo de conidias por cm^2 de los estados asexuales de ambos hongos se realizaron utilizando un microscopio compuesto a través del objetivo 40X.

Registro de elementos climáticos

Se tomaron datos de precipitación y humedad relativa de la estación meteorológica de la granja. Los registros de temperatura y humedad foliar se obtuvieron de una microestación climatológica de Spectrum Technologies. Los datos de las estaciones se procesaron para obtener los valores promedio semanales de cada uno de los elementos climáticos.

Análisis estadístico

Utilizando el programa estadístico SAS (*Statistical Analysis System*, SAS Institute) se sometieron los datos obtenidos a análisis de varianza según un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones. La separación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Características de crecimiento y desarrollo de los materiales

De acuerdo con los análisis de varianza, las variables de crecimiento indicaron diferencias altamente significativas entre materiales para el diámetro del seudotallo a floración (DSF) (Pr (>F) = 0,0001) y altura de la planta a floración (APF) (Pr (>F) = 0,0006), y significativas para días a floración (DAF) (Pr (>F) = 0,0015). El tiempo (días) para la emisión de hijuelos (DEH) no presentó diferencias significativas (Pr (>F) = 0,0395). En general, el tiempo de floración de la cultivariedad África fue significativamente menor, entre 4 y 7 semanas (tabla 1), que el de los otros materiales, lo cual lo caracteriza como un material precoz. Las diferencias en DSF y APF observadas en los cuatro materiales reflejan las características propias de crecimiento de cada material; FHIA-20 presentó los mayores valores (tabla 1). Estudios realizados anteriormente en la misma área de estudio (Herrera y Aristizábal, 2003) registran resultados similares, lo que corrobora los resultados obtenidos en esta investigación y demuestra un comportamiento estable de estos materiales en la región.

TABLA 1. Crecimiento de cuatro materiales de plátano en la región Santágueda (Caldas).

Materiales	Variables de respuesta			
	DAF	DSF (cm)	APF (m)	DEH (días)
FHIA-20	316a	23a	3,5a	115a
FHIA-21	329a	20b	3,1b	87b
África	277b	17c	3,2b	101ab
Dominico Hartón	305a	19bc	3,5a	103ab
DMS (5%)	30	2,4	0,24	25

Promedios con letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).
DAF, días a floración; DSF, diámetro seudotallo a floración; APF, altura de la planta a floración; DEH, tiempo para la emisión de hijuelos.

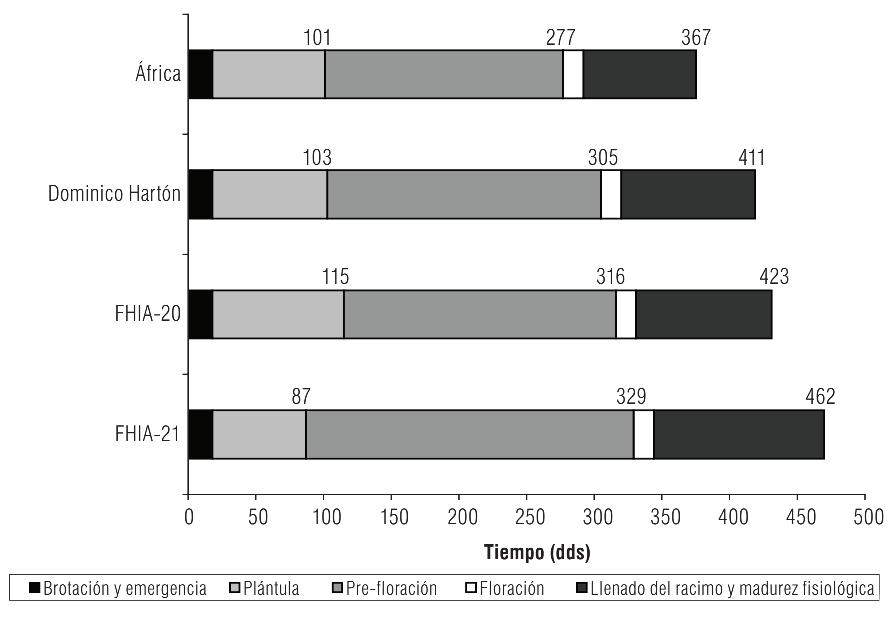


FIGURA 1. Duración de las etapas de crecimiento en cuatro materiales de plátano en la región Santágueda (Caldas).

Etapas de desarrollo de los materiales

La duración de las etapas de crecimiento de los materiales, en las cuales se enmarcaron las enfermedades identificadas, se presenta en la figura 1.

Evaluación de las sigatokas

Incidencia: la presencia de las sigatokas amarilla y negra se detectó en todos los materiales 70 días después de la siembra (dds), cuando las plantas se encontraban en etapa de plántula, presentando entre 4 y 5 hojas verdaderas. La presencia de las sigatokas en esta etapa, además de que el área de estudio ofrece condiciones óptimas para el desarrollo de estas enfermedades, también se puede explicar por la existencia de hojas disponibles para permitir infección, ya que las hojas verdaderas son emitidas aproximadamente 30 dds, y el periodo de incubación (tiempo transcurrido desde la inoculación hasta la aparición de los primeros síntomas) que requieren estos hongos es de 29 días (Belalcázar *et al.,* 2000). Los valores de incidencia fueron mayores para África y Dominico Hartón, de 95 y 93%, respectivamente, mientras que en FHIA-20 (84%) y FHIA-21 (72%) los valores fueron menores. La incidencia alcanzó su valor máximo 7 días después en Dominico Hartón y FHIA-21, en FHIA-20 tardó 14 días y en África después de 21 días llegó al 100%. Estas incidencias se mantuvieron durante todo el ciclo del cultivo (figura 2). En enfermedades tan agresivas y altamente destructivas como las sigatokas es de esperar que, una vez se presente la enfermedad, la diseminación por todo el lote requiera tan solo algunos días o unas pocas semanas, más aun cuando las condiciones climáticas favorecen la germinación de conidias y ascosporas. En la figura 2 se observa que dos semanas antes de ser detectadas las sigatokas se presentó un periodo de lluvias intensas. Posteriormente las lluvias disminuyeron y surgió un periodo seco con incremento gradual en la temperatura de 23,4 °C a aproximadamente 26 °C. La duración de la película de

agua en las hojas igualmente mostró un aumento (de 7 a 10 h·día^{-1}) en el tiempo que se detectaron las enfermedades, condiciones óptimas para la germinación de las conidias y ascosporas (Craenen, 1998).

Reacción de los materiales a las sigatokas: los análisis de varianza para evaluar la reacción de los materiales a las sigatokas mostraron diferencias altamente significativas para el número de hojas funcionales a floración (NHFF),

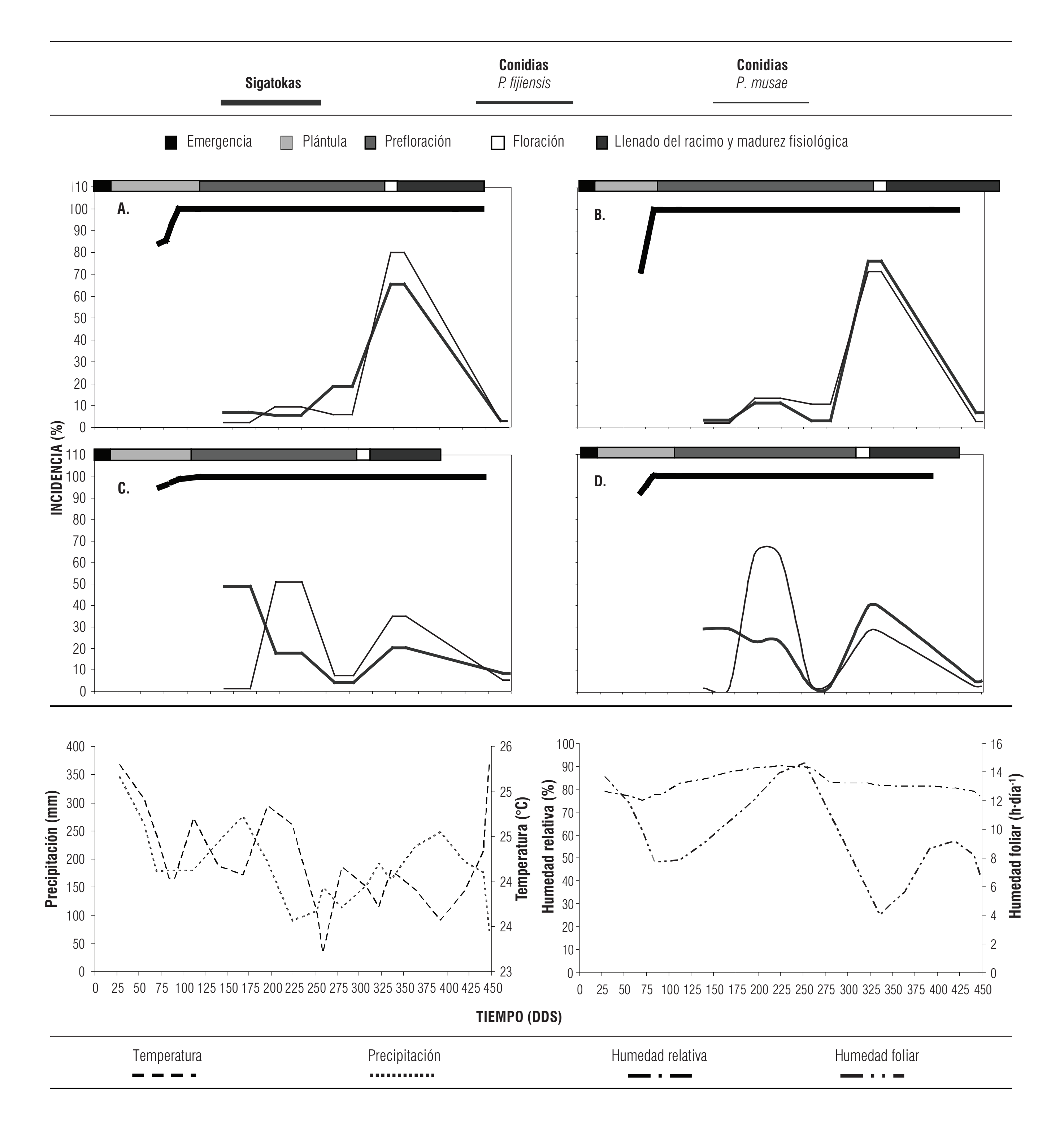


FIGURA 2. Fenología de cuatro materiales de plátano y la incidencia de las sigatokas en la región Santágueda (Caldas) con relación a las variables ambientales. A) FHIA-20, B) FHIA-21, C) África, D) Dominico Hartón.

tasa de desarrollo (r) y tiempo de evolución de los síntomas (TES). Para la variable hoja más joven enferma en floración (HMJE) las diferencias fueron significativas y para la hoja más joven manchada a floración (HMJM) el análisis no presentó diferencias significativas (tabla 2). En general, los materiales presentaron un buen NHFF (11 en promedio), teniendo en cuenta que se espera que las plantas posean un mínimo de ocho hojas funcionales en este estado (Stover *et al.,* citados por Gómez y Castaño-Zapata, 2001). Los híbridos con 12 hojas y las cultivariedades África y Dominico Hartón con 9 y 10 hojas, respectivamente, mostraron diferencias estadísticas altamente significativas. Estas diferencias posiblemente se relacionan con la resistencia o susceptibilidad de los materiales a las sigatokas (tabla 3). En las variables HMJE y HMJM se aprecia claramente la tolerancia a las sigatokas de los híbridos y la susceptibilidad de las cultivariedades. FHIA-20 presentó el valor más alto de HMJE, con diferencias significativas con las cultivariedades e igualmente junto a FHIA-21 obtuvieron los valores más altos de HMJM (tabla 3). Los datos obtenidos de r y de TES hacen más evidentes las diferencias entre los materiales en cuanto a su resistencia o susceptibilidad a las sigatokas. La tasa de desarrollo y el tiempo de evolución de los síntomas para Dominico Hartón y África presentaron diferencias significativas con los híbridos pero no entre sí. Para ambos materiales el desarrollo de las sigatokas fue rápido con valores altos de tasa de desarrollo (r = 1,12 y 1,06, respectivamente) y periodos cortos de evolución de los síntomas (TES = 25 y 27 días, respectivamente), reflejando una alta susceptibilidad a las sigatokas. Por otro lado, FHIA-20, con una tasa de desarrollo y un tiempo de evolución de síntomas con valores intermedios de 0,81 y 31 días, respectivamente, muestra cierta susceptibilidad a las sigatokas, lo cual podría indicar que su resistencia a estas enfermedades está disminuyendo. Estas dos variables en el híbrido FHIA-21 son significativamente más lentas comparadas con las de los otros materiales, con valores de r = 0,34 y TES = 59 días, lo cual pone de manifiesto su resistencia a dichas enfermedades (tabla 3).

Conteo de esporas asexuales: los resultados del análisis de varianza para el conteo de *Paracercospora fijiensis* y *Pseudocercospora musae*, estados anamorfos de *Mycosphaerella fijiensis* y *M. musicola*, respectivamente, indicaron diferencias altamente significativas para los materiales, momento fisiológico de la planta al momento de la evaluación (dds) y faz de la hoja (tabla 4); lo que sugiere que la cantidad de inóculo producido depende en parte del material de siembra y la fenología del cultivo. Para la especie y cualquiera de sus interacciones no se presentaron diferencias estadísticas significativas (tabla 4), lo cual indica que ambas sigatokas predominaron en el sitio de estudio. En los híbridos se detectó un número significativamente menor de conidias (20 conidias/cm^2), tanto de *P. fijiensis* como de *P. musae*, en

TABLA 2. Resultados de los análisis de varianza para la reacción a las sigatokas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Variables de respuesta (Cuadrado medio)				
		NHFF	HMJE	HMJM	r	TES
Materiales	4	6,0	5,1	2	0,5	12.102,98
Error	12	0,25	1,14	0,25	0,01	170
Pr > F		<0,0001**	0,0034*	0,0260	<0,0001**	<0,0001**
R^2		0,8	0,52	0,66	0,92	0,41
CV (%)		4,6	13,3	9,5	12,2	52,8

* Denota diferencias significativas, $P \leq 5\%$.
** Denota diferencias altamente significativas, $P \leq 1\%$.

TABLA 3. Reacción a las sigatokas de cuatro materiales de plátano en la región Santágueda (Caldas).

Materiales	Variables de respuesta				
	NHFF	HMJE	HMJM	r	TES
FHIA-20	12a	6,3a	9a	0,81b	31b
FHIA-21	12a	5,3ab	9a	0,34c	59c
África	9b	4,8b	7b	1,06a	27a
Dominico Hartón	10b	4,8b	8ab	1,12a	25a
DMS (5%)	2	1,0	2,0	0,21	

Promedios con letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).
NHFF, número de hojas funcionales a floración; HMJE, hoja más joven enferma en floración; HMJM, hoja más joven manchada a floración; TES, tiempo de evolución de síntomas; r, tasa de desarrollo de la sigatokas.

TABLA 4. Componentes del análisis de varianza para el número de conidias de *Paracercospora fijiensis* y *Pseudocercospora musae*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Pr > f
Modelo	16	7.080,5	<0,0001
Error	303	1.596,3	
Materiales	3	10.851,2	0,0002**
DDS	4	9.134,6	0,0002**
Especie	1	2.922,2	0,1771
Faz de la hoja	1	21.995,0	0,0002**
Material*Especie	3	799.1	0,6821
DDS*Especie	4	4.220,3	0,0338
R^2		0,68	
CV (%)		27,6	

** Diferencias altamente significativas, ($P \leq 0,01$). Datos transformados a raíz cuadrada del número de conidias.

comparación con las cultivariedades (86 conidias/cm²), lo cual sugiere que la tolerancia o la susceptibilidad de estos materiales a las sigatokas también esté relacionada con la capacidad de producción de conidias por el hongo. Aun cuando no se presentaron diferencias estadísticas significativas en las poblaciones de conidias a nivel de especie, *P. fijiensis* con una población media de 19 conidias/cm² y *P. musae* con 13 conidias/cm² (datos transformados), la cantidad de conidias en las dos cultivariedades refleja que la sigatoka negra es más agresiva en el área experimental. En Dominico Hartón el número medio de conidias de *P. fijiensis* fue de 52/cm² y de *P. musae* 39/cm², y en África las poblaciones fueron de 55 conidias/cm² y 31 conidias/cm² para *P. fijiensis* y *P. musae*, respectivamente. Resultados similares han registrado Molina y Castaño-Zapata (2003) en la misma área de estudio y otros autores (Cardona-Sánchez y Castaño-Zapata, 2002; Aguirre y Castaño-Zapata, 2005) en una región cercana con condiciones similares. Ellos observaron la tendencia de la sigatoka negra a desplazar la sigatoka amarilla, dada su mayor agresividad, basados en las poblaciones de conidias de materiales susceptibles a las sigatokas como son el Dominico Hartón y el África, entre otros. El número de conidias de *P. fijiensis* fue significativamente mayor en el envés (838/cm²) que en la haz (200/cm²). Sin embargo, el valor medio de conidias de *P. musae* fue de 486 conidias/cm² en el envés y 224 conidias/cm² en la haz, valor significativamente mayor en el envés que en la haz, lo cual difiere de lo encontrado en la literatura (APS, 2005; Gasparotto *et al*., 2006). En la figura 2, observando el comportamiento de los materiales susceptibles se aprecia claramente que, en general, en los periodos de menor pluviosidad (259 y 425 dds) el número de esporas disminuyó significativamente y en los periodos con incremento en la precipitación (192 y 322 dds) la población de esporas fue mayor. Sin embargo, esto no aplica para los materiales resistentes en los que la producción de conidias, si bien coincidió con época de precipitación, pareciera estar influenciada por el estado fenológico de la planta que coincide justamente con la época de floración. Esto parece posible si se considera la etapa de floración como un periodo de gasto energético incrementado para la planta, lo cual podría en cierta forma presentarse como un factor predisponente. La temperatura y la humedad relativa con promedios de 24,5 °C y 83,7% favorecieron la producción de conidias. De acuerdo con Craenen (1998), temperaturas entre 20 y 35 °C favorecen el desarrollo de las sigatokas y más aún cuando se presentan con humedades relativas mayores del 80% (Merchán, 1997). Estudios similares resaltan también la importancia de las condiciones ambientales, principalmente la precipitación, sobre la producción de conidias de *P. fijiensis* y *P. musae* (Aguirre y Castaño-Zapata, 2005; Cardona-Sánchez y Castaño-Zapata, 2002). De igual forma, la mayor producción de esporas, aun en materiales susceptibles como Dominico Hartón, se obtuvo en la época de prefloración sin que esta coincidiera con el mayor nivel de precipitación (Cardona-Sánchez y Castaño-Zapata, 2002).

Conclusiones

Las características de desarrollo y crecimiento observadas en los dos híbridos (FHIA-20 y FHIA-21) y en las dos cultivariedades (África y Dominico Hartón) de plátano reflejaron un comportamiento estable de estos materiales en la región.

Las sigatokas amarilla y negra se presentaron en todos los materiales en etapa de plántula (70 dds) con valores iniciales de incidencia elevados, mayores del 70%, que alcanzaron

rápidamente el 100%. Una vez presentes, ambas sigatokas afectaron las plantas durante todo el ciclo del cultivo.

Las condiciones climáticas que favorecieron la incidencia de las sigatokas fueron periodos de lluvias intensas intercalados con periodos secos, e incrementos graduales de temperatura (23 a 26 ºC). El incremento en la duración de la película de agua en las hojas (7 a 10 h·día^{-1}) fue muy importante para la germinación de esporas de ambos hongos.

De acuerdo con la reacción de cada uno de los materiales a las sigatokas, las cultivariedades África y Dominico Hartón fueron materiales muy susceptibles; el híbrido FHIA-20 fue un material con tolerancia intermedia y FHIA-21 se mostró altamente tolerante a las sigatokas negra y amarilla.

La población media de conidias de *Paracercospora fijiensis* (54 conidias/cm^2) y *Pseudocercospora musae* (35 conidias/cm^2) en las dos cultivariedades indicó que la sigatoka negra es más agresiva en el área de estudio que la sigatoka amarilla. Ambos hongos produjeron las conidias principalmente en el envés. Solo el 19% de las conidias de *P. fijiensis* y el 31% de *P. musae* se encontraron en la haz.

La mayor población de conidias en las cultivariedades se presentó en etapa de prefloración y durante el llenado del racimo. En los dos híbridos el mayor número de conidias coincidió con la etapa de floración. Los periodos secos disminuyeron la producción de conidias significativamente en todos los materiales.

Literatura citada

Agrios, G. 2001. Fitopatología. Editorial Limusa, México D.C. 838 p.

Aguirre, M. C. y J. Castaño-Zapata. 2005. Epidemiológía de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y *M. musicola* Leach, en siete genotipos de Musáceas. Fitopatología Colombiana 29(1), 7-11.

Aguirre, M. C., J. Castaño-Zapata y L. E. Zuluaga. 2003. Método rápido de diagnóstico de *Mycosphaerella musicola* Leach y *M. fijiensis* Morelet, agentes causales de las Sigatokas amarilla y negra. Revista Academia Colombiana de Ciencias 27(105), 619-623.

APS. The American Phytopathological Society. 2005. Sigatoka negra, síntomas y signos. En: http://www.apsnet.org/Education/LessonsPlantPath/BlackSigatokaEspanol/symptom.htm; consulta: octubre de 2006.

Aranzazu, F., J. Valencia, M. Arcila, C. Castrillón, M. Bolaños, P. Castellanos, J. Pérez y J. Rodríguez. 2002. El cultivo de plátano: manual técnico. Corpoica, Manizales. 114 p.

Arias, P., C. Dankers, P. Liu y P. Pilkauskas. 2004. La economía mundial del banano 1985-2002. En: Estudios FAO productos básicos 1, ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5102s/y5102s00.pdf. 95 p.; consulta: octubre de 2006.

Aristizábal, L. M. y C. Jaramillo. 2005. Identificación y descripción de las etapas de crecimiento del plátano (*Musa* AAB) Dominico hartón. pp. 79-90. En: Memorias II Seminario Internacional sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Plátano. Manizales.

Belalcázar, S., V. Merchán, M. Mayorga, M. Londoño, J. Pulido, F. García, I. De Polanía, G. León y J. Valencia. 2000. Plagas y enfermedades del plátano. Boletín de Sanidad Vegetal. Bogotá. 106 p.

Cardona-Sánchez, C. L. y J. Castaño-Zapata. 2002. Frecuencia de *Paracercospora fijiensis* y *Pseudocercospora musae* en plátano Dominico Hartón. Infomusa 11(1), 9-13.

Castaño-Zapata, J. 2002. Principios básicos de fitoepidemiología. Universidad de Caldas, Manizales. 398 p.

Craenen, K. 1998. Black Sigatoka disease of banana and plantain. A reference manual. IITA, Ibadan, Nigeria. 60 p.

Gasparotto, L., J. C. R. Pereira, R.E. Hanada y A.V.V. Montarroyos. 2006. Sigatoka-negra da bananeira. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus. 177 p.

Gómez, L. A. y J. Castaño-Zapata. 2001. Manejo integrado de las Sigatokas negra y amarilla en la cultivariedad de plátano Africa. Infomusa 10(2), 3-7.

Herrera, J. W. y M. Aristizábal L. 2003. Caracterización del crecimiento y producción de híbridos y cultivariedades de plátano en Colombia. Infomusa 12(2), 22-24.

Martínez, H. J., Y. Peña y C. F. Espinal. 2006. La cadena de plátano en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de trabajo No.102. Bogotá (Colombia): Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 95 p. En: http://www.agrocadenas.gov.co/platano/documentos/caracterizacion_platano.pdf; consulta: octubre de 2007.

Merchán, V. M. 1997. Prevención y manejo de la Sigatoka negra. Boletín de Sanidad Vegetal 17. ICA, Bogotá. 29 p.

Molina T. O. I. y J. Castaño-Zapata. 2003. Análisis de algunos componentes de resistencia en los híbridos de banano y plátano FHIA 01, FHIA 17 y FHIA 21 a las Sigatokas negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y amarilla (*M. musicola* Leach). Revista Academia Colombiana de Ciencias 27(103), 181-189.

Stover, R. H. 1971. A proposed international scale for estimating intensity of banana leaf spot. Tropical Agriculture 48, 185-196.